

文章编号: 1001-1498(2007)03-0302-05

长白山区次生阔叶林采伐林隙更新研究

宋新章¹, 李冬生², 肖文发^{1*}, 李秀英¹

(1. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 国家林业局森林生态环境重点实验室, 北京 100091;

2. 国家林业局调查规划设计院, 北京 100714)

摘要:从林隙大小和林隙年龄两个方面研究了以椴树、色木槭和蒙古栎为主的次生阔叶林经营采伐形成的林隙及其更新特征。结果表明:冠林隙面积 <20 m²的林隙占 42.8%, 20~40 m²的林隙占 23.8%, 40~60 m²的林隙占 33.4%。38.1%的林隙呈圆形, 61.9%的林隙呈椭圆形, 其中 38.5%为南北方向, 46.2%为东西方向, 15.3%为东北-西南方向。林隙一般由 3~4 株采伐木形成, 采伐木主要由椴树、蒙古栎和山槐组成。非林隙林分更新中灌木占优势, 林隙更新中乔木占优势, 且随林隙面积和形成年龄增加而增强。林隙内的树种多样性和更新密度明显高于非林隙林分。综合多样性随林隙面积和年龄的增加而下降。不同大小级林隙内的优势种不同, 以阳性树种占大多数。

关键词:次生阔叶林; 采伐林隙; 更新; 长白山

中图分类号: S754

文献标识码: A

Study on Logging Gaps Regeneration in Secondary Broad-leaved Forest in Changbai Mountain

SONG Xin-zhang¹, LI Dong-sheng², XIAO Wen-fa¹, LI Xiu-ying¹

(1. Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, CAF, Key Laboratory of Forest Ecology and Environment,

State Forestry Administration, Beijing 100091, China; 2. Academy of Forest Inventory and Planning,

State Forestry Administration, Beijing 100714, China)

Abstract: The regeneration trait of logging gaps in relation to sizes and ages in secondary broad-leaved forest which was predominated by *Tilia amurensis*, *Acer mono* and *Quercus mongolica* in Changbai Mountain was studied. The research result showed that there were 42.8% (canopy gaps area <20 m²), 23.8% (20~40 m²), 33.4% (40~60 m²) in the proportion of gap size. 38.1% of gaps shape were rotundity and 61.9% were oval. 38.5% of the oval gaps lay in N-S direction, 46.2% in W-E direction and 15.3% in N-E to S-W direction. These gaps were usually formed after 3~4 trees logged which were mainly composed of *Tilia amurensis*, *Quercus mongolica* and *Maackia amurensis*. The regeneration layer was dominated by the shrub in non-gap stands but arbor in the gaps. Moreover, the dominance would rise with increasing sizes and ages of gaps. The species diversity and density were obviously more in gaps than in non-gap stands. The synthesis diversity had a tendency to decline with increasing sizes and ages of gaps. The dominance species were different in gaps of different sizes, but were mainly composed of intolerant species.

Key words: secondary broad-leaved forest; logging gap; regeneration; Changbai Mountain

收稿日期: 2006-01-19

基金项目: 国家“十五”科技攻关计划(2004BA510B05)

作者简介: 宋新章(1977—),男,山东菏泽人,博士生。

*通讯作者。

林隙作为一种经常发生的小规模的干扰,对植被的正常更新具有重要作用,是森林循环更新的一个重要阶段。近年来的森林动态学研究表明,林隙在森林的结构、动态和多样性维持中起着重要作用,已成为当前森林生态学研究的最活跃领域之一^[1~4]。目前国内外关于林隙与更新的研究大多集中于天然林受到自然干扰(如火灾、风倒、树倒)后形成的林隙及其更新,而对人为干扰(如经营采伐)造成的林隙(logging gap)及其更新则研究较少。间伐产生的林隙一般是小尺度和短暂的^[5],但小尺度干扰对森林结构的发展、对林地状况如光、土壤含水量、凋落物分解等起到了关键性作用^[6,7],其重要性已成为全球森林动态和天然更新研究中的共同论题^[8~11]。次生阔叶林已成为我国东北地区森林资源的主体和森林经营的主要对象,但由于各种因素的制约,多年来次生林林隙更新尤其是采伐林隙更新一直没有受到人们的注意。本文对长白山区以椴木、色木槭和蒙古栎为主的次生阔叶林采伐林隙内的更新状况进行了初步研究,旨在探讨次生林可持续经营的合理途径。

1 研究地点自然概况

调查地点在吉林省白河林业局春雷林场 16 林班和 22 林班,为以椴树(*Tilia amurensis* Rupr)、色木槭(*Acer mono Maxim.*)和蒙古栎(*Quercus mongolica* Fish ex Turcz)为主的次生阔叶林经营采伐迹地。地理位置为 42°31' N, 128°13' E。海拔 670 m,坡度 1°~5°,为比较平缓的平地与较浅的沟谷相交错的地形。土壤为火山灰形成的暗棕壤,土层厚达 100 cm 以上。属温带季风影响下的大陆性季风气候,年平均气温为 7.3~4.9,降水量为 600~900 mm,全年日照时数为 2 271~2 503 h,无霜期为 109~141 d。调查地点主要树种有椴树、色木槭、蒙古栎、山槐(*Maackia amurensis* Rupr et Maxim.)、水曲柳(*Fraxinus mandshurica* Rupr)、胡桃楸(*Juglans mandshurica* Maxim.)、山荆(*Malus baccata* (L.) Borkh)和水榆(*Ulmus japonica* (Rehd.) Sarg)等,主要下木有忍冬(*Lonicera nuprechtiana* Regel)、暴马丁香(*Syringa reticulata* (Bl.) Hara var *amurensis* (Rupr.) Pringle)、卫矛(*Euonymus alatus* (Thunb.) Sieb)、榛子(*Corylus heterophylla* Fisch ex Bess)等。

2 研究方法

2.1 调查方法

在大面积踏查的基础上,选择在白河林业局春雷林场以椴木、色木槭和蒙古栎为主的次生阔叶林 1991 年、1993 年和 1995 年择伐迹地上进行。对林内明显的采伐林隙(共调查林隙 21 个,对照样地 13 个),调查冠林隙(CG)和扩展林隙(EG)的长和宽、形状、年龄、方向,记录林隙内伐根的数量和种类,记录林隙边缘立木的种类、树高、胸径、年龄等。在每个扩展林隙内设 9 个 2 m × 2 m 研究样方,第一个样地设在林隙中心,第二个设在林隙中心到正北方向扩展林隙边缘距离的一半处,第三个设在扩展林隙边缘,按相同步骤在东、西、南方向上布设 6 个样方。在样方内调查树高小于 1.5 m 的更新幼苗和树高大于 1.5 m 但 DBH < 4 cm 的更新幼树的种类、数量、年龄、树高、基径等,并观测相应的微生境状况如地面植被盖度、凋落物厚度等。在距林隙边缘 10 m 处设 1 个 10 m × 10 m 的对照样地(林隙间相距较近时,则共用一个对照样地),在每个对照样地内沿对角线方向机械设置 9 个 2 m × 2 m 的小样方,调查立木的种类、年龄、树高、胸径等,记录更新幼苗、幼树的种类、年龄、高度、胸径或基径,调查样方内的地面植被盖度、凋落物厚度等。

2.2 数据处理

应用 5 种常用的多样性指标对林隙内的树种多样性进行测度,用重要值来表示主要乔木种在更新群落中的地位和作用。然后将不同等级内所有林隙的多样性指数及各树种重要值分别加权平均,得到各大小级林隙内的多样性指数和各树种重要值,以此进行对照与分析。

林隙面积计算:因所调查林隙大多呈椭圆形,因此采用常用的椭圆形面积计算公式: $A = LW/4$,式中 A 为林隙面积,单位为 m^2 ; L 为冠林隙长度, W 为冠林隙宽度(与林隙长度相垂直的最大直径),单位为 m 。因冠林隙更能准确反映对林隙内微生境及更新的影响,故本文采用冠林隙进行计算分析。

采用 5 类目前普遍应用的多样性指数来测定林隙内的物种多样性(多样性),计算公式如下:

物种丰富度指数:这是应用最广泛最简单的物种多样性测度方法,本文用 Margalef 指数 $R = (S - 1) / \ln N$ 表示,其中: S 为物种总数即丰富度; N 为样方内观察到的个体总数。

物种多样性指数:选用温带森林群落多样性研究中应用最为广泛的 Shannon-Weiner 指数来表示, $H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$ 式中: p_i 是第 i 种的个体数 n_i 占总个体数 N 的比例。

群落均匀度:指群落中物种的多度分布的均匀程度。当呈均匀分布时,均匀度为最大。用 Pielou 指数表示, $J_s = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i / \ln S$, 式中: S 为物种总数, p_i 是第 i 种的个体数 n_i 占总个体数 N 的比例。

生态优势度:即优势度集中于 1 个或几个种类的程度,是反映群落逐种群优势状况的指标。用 Simpson 指数表示:

$D = \sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1) / (N - 1)N$, 式中: n_i 是第 i 种的个体数, N 为总个体数。

均优多指数:指综合物种丰富度、均匀度和生态优势度来表示群落多样性指数的大小: $Z = (J_s - S) \times S$, 式中 J_s 、 S 意义同上。

重要值 (IV) = 相对密度 + 相对频度 + 相对基盖度

3 结果与分析

3.1 采伐林隙的基本特征

根据所调查 21 个林隙面积的大小可分为 $<20 \text{ m}^2$ 、 $20 \sim 40 \text{ m}^2$ 、 $40 \sim 60 \text{ m}^2$ 3 类,根据林隙年龄可分为 10、12、14 a 3 个年龄段。 $<20 \text{ m}^2$ 的林隙占 42.8%, $20 \sim 40 \text{ m}^2$ 的林隙占 23.8%, $40 \sim 60 \text{ m}^2$ 的林隙占 33.4%。有 38.1% 的林隙呈圆形, 61.9% 的林隙呈椭圆形。冠林隙 (CG) 的长轴平均为 7.71 m, 短轴平均为 4.43 m, 长/短轴的比例平均为 1.91; 扩展林隙 (EG) 的长轴平均为 15.74 m, 短轴平均为 10.81 m, 长/短轴的比例平均为 1.49。由此可见,长轴与短轴的比例变化较大,说明椭圆的曲率随林隙大小的变化有明显的变化。若以长轴表示林隙方向,则椭圆形林隙中 38.5% 为南北方向, 46.2% 为东西方向, 15.3% 为东北-西南方向。10 年龄林隙占 28.6%, 12 年龄林隙占 42.9%, 14 年龄林隙占 14.3%。林隙一般由 3~4 株采伐木形成,采伐木主要由椴树、蒙古栎和山槐组成,这可能是因为这些树种经济价值较高,容易成为采伐对象。

3.2 林隙大小对更新的影响

林隙大小是林隙的主要特征之一,是研究林隙环境和林隙更新最重要的一个指标。林隙的大小对种子散播和林隙小气候有强烈的影响,进而影响到树种的更新与生长。

3.2.1 林隙大小对乔灌木更新的影响 不同大小

级采伐林隙内更新乔木和灌木的重要值和密度见表 1。由表 1 可见,林隙内乔木的更新密度和重要值显著高于非林隙林分,且以 $20 \sim 40 \text{ m}^2$ 的林隙为最高。除 $<20 \text{ m}^2$ 的林隙内的灌木更新密度明显高于其他情况外,各大小级林隙内乔木和灌木的更新密度无明显差别,乔木的重要值均高于灌木,说明乔木在林隙更新中占优势地位。非林隙林分中灌木的重要值和更新密度均高于乔木,可能是非林隙林分郁闭度大,光环境差相对有利于灌木的生长。

表 1 不同大小级林隙内乔木和灌木的重要值和密度

项目	层次	非林隙	$<20 \text{ m}^2$	$20 \sim 40 \text{ m}^2$	$40 \sim 60 \text{ m}^2$
重要值	乔	43.9	53.82	58.83	57.8
	灌	56.1	46.18	41.17	42.2
密度 / (株 · hm^{-2})	乔	13 418	22 375	24 773	22 763
	灌	23 608	28 500	23 182	20 921

3.2.2 主要乔木树种对林隙大小的更新反应 林隙干扰发生后,林隙内的环境条件发生了不同程度的变化。不同的树种对不同林隙的反映不同,其不同大小林隙中的重要性也各不相同。不同大小级林隙内的主要乔木树种的重要值见表 2。由表 2 可见,林隙内更新的主要树种中除山槐和拧筋槭 (*Acer triflorum* Kom.) 耐荫外,其余均为阳性树种,这与采伐干扰增加了林隙内的光照水平密切相关。色木槭和假色槭 (*Acer pseudosieboldianum* (Pax) Kom.) 在林隙内外都占有优势,水曲柳只在非林隙林分中占优势,红松只在林隙内占明显优势,表明采伐形成的小林隙有利于红松的生长和更新。大多数树种在 $20 \sim 60 \text{ m}^2$ 大小的林隙内的相对优势度高于 $<20 \text{ m}^2$ 的林隙,表明比较而言, $20 \sim 60 \text{ m}^2$ 大小的林隙更有利于乔木的更新。不同大小级林隙中占优势地位的更新树种也不同,在 $<20 \text{ m}^2$ 林隙中红松 (*Pinus koraiensis* Sieb et Zucc.)、水曲柳和山槐占优势, $20 \sim 40 \text{ m}^2$ 林隙中色木槭、椴树和红松占优势, $40 \sim 60 \text{ m}^2$ 林隙中红松、色木槭和拧筋槭占优势,说明各树种对不同大小林隙的侵占或利用力存在差异,致使其在林隙中的综合优势度明显不同。

表 2 主要乔木树种在不同大小级林隙内的重要值

树种	非林隙	$<20 \text{ m}^2$	$20 \sim 40 \text{ m}^2$	$40 \sim 60 \text{ m}^2$
色木槭	15.17	1.18	19.8	18.53
红松	1.42	22.37	16.65	24.57
水曲柳	15.86	13.92	1.96	2.88
椴树	6.13	2.88	18.21	2.73
假色槭	10.99	8.22	7.33	11.54
拧筋槭	10.5	2.4	8.76	16.27
山槐	7.23	11.16	4.45	7.17
蒙古栎	7.22	0.48	1.98	3.37

3.2.3 林隙大小对更新多样性的影响 林隙在为森林苗木更新提供主要场所的同时,也构成了维持森林物种多样性的重要生境。林隙干扰可以导致资源的再分配和微生境的异质性,是森林群落内众多物种共存和多样性维持的基础,在森林的物种共存和更新中发挥了核心作用。

表 3 不同大小级林隙内树种多样性的差异

林隙大小级 /m ²	S	R	H	J _s	Z	
<20	20	3.49	2.44	0.11	0.82	13.86
20~40	20	3.55	2.40	0.12	0.80	13.74
40~60	20	3.62	2.42	0.12	0.82	13.60
(非林隙)	17	3.23	2.21	0.16	0.78	10.73

采用上述 5 个公式计算不同大小级林隙内树种的多样性指标见表 3。由表 3 可见,3 种大小级林隙中的更新树种数 *S*、物种丰富度 *R*、物种多样性 *H*、群落均匀度 *J* 和均优多指数 *Z* 都高于非林隙林分,而个体生态优势度 均明显低于非林隙林分,表明相对于非林隙林分,林隙内更新的树种更丰富,多样性更高,树种的分布更均匀。虽然 3 种大小级林隙内的树种数 *S* 均为 20 种,但 Margalef 指数随林隙面积增加而增大,说明大林隙内的个体数少,而小林隙内的个体数多,这同表 1 中乔灌木的密度变化相一致,表明 Margalef 指数比物种数 *S* 能更好地反映林隙内的多样性差异。Shannon-Weiner 指数 *H* 和 Pielou 指数 *J_s* 在 <20 m² 的林隙中最大,在 20~40 m² 的林隙中最小,表明小林隙内的多样性最高,树种的多度分布也较均匀,优势种不突出;而在 20~40 m² 林隙内多样性最低,树种的多度分布差异较大,这与 Simpson 指数 反映出的 20~60 m² 林隙内优势度集中于少数几个树种的情况相一致。均优多指数 *Z* 则随林隙由小到大呈现出明显的下降趋势,表明该指数是反映林隙多样性的一个较好指标。综上所述,随着林隙面积的增大,物种丰富度增加,多样性和均匀性下降,优势种越来越明显。这是因为采伐干扰导致林隙内微生境产生差异,资源可利用性增大,有利于树种的生长和繁殖,为更多树种进入创造了条件。而且由于林隙为不同树种提供了“抽采”式竞争的场所,相对个体数在不同物种之间分布比较均匀,生态优势度较小,均匀度较大,因此多样性指数较高。而非林隙林分中生境条件较单一,仅利于少数树种生长,使得适应这一生境的树种快速生长,在更新树种中占明显优势,因而生态优势度要高于林隙。

3.3 不同年龄林隙对更新的影响

3.3.1 对乔灌木更新的影响 由表 4 可见,在非林隙林分及林隙形成 10 a 时,灌木的重要值和更新密度都高于乔木,但随着林隙形成年限(以下简称年龄)的延长,乔木的重要值会很快超过灌木并不断增加,灌木的重要值和密度则持续下降,表明乔木在更新中所占的优势地位愈来愈显著,而灌木则逐渐失去其优势地位。各年龄林隙内乔木的更新密度都远高于非林隙林分,表明林隙微生境更有利于乔木的更新。这可能是因为在林隙形成初期,微生境发生了剧烈变化,相对于乔木,灌木更能适应这种变化,因而繁茂生长,迅速占据了林隙内的主导地位。但随着时间的推移,灌木由于其自身的生物学特性而达到生长极限后开始衰退,乔木开始逐渐在更新群体中占优势。

表 4 不同年龄林隙内乔木和灌木的重要值和密度

项目	层次	非林隙	10 a	12 a	14 a
重要值	乔	43.9	46.1	57.94	75.3
	灌	56.1	53.9	42.06	24.7
密度/(株·hm ⁻²)	乔	13 418	23 977	20 833	30 277
	灌	23 608	33 182	20 917	13 333

3.3.2 对树种多样性的影响 由表 5 可以看出,在林隙形成后 10 a 到 14 a 这段时间内,树种数量 *S* 和丰富度 *R* 逐渐减少,多样性 *H* 和均优多指数 *Z* 总体上呈下降趋势,而优势度 和均匀度 *J_s* 略有上升。表明随时间推移,优势种逐渐突出,优势种多度的分布也趋于均匀。这可能是因为林隙刚形成时,环境条件发生急剧变化,为各类树种的侵入和繁殖提供了宽松条件,各类树种大量涌入,彼此间展开充分竞争,各树种间的差异不太明显,物种多样性较高。随着林隙年龄的增加,林隙内的环境条件逐渐趋于稳定,不同树种的不同个体在对资源的利用和竞争中形成了各自生态位的分化,一些树种个体因不适应林隙内的微生境而停止生长甚至死亡,导致物种丰富度、多样性和均优多指数下降。一些适应这一生境的树种则快速生长,开始崭露头角,初步显示出优势地位。

表 5 不同年龄林隙内树种多样性变化

林隙年龄 /a	S	R	H	J _s	Z	
10	22	3.80	2.51	0.10	0.81	15.68
12	19	3.45	2.35	0.13	0.80	12.56
14	18	3.36	2.46	0.11	0.85	13.35
(非林隙)	17	3.23	2.21	0.16	0.78	10.73

3.4 林隙大小和年龄对林隙更新影响的综合分析

林隙大小和年龄是研究林隙更新时最常用到的 2 个变量,其在一定程度上反映了林隙干扰的强度,而且还是树木更新所需各种生态因子的一个综合度量指标。从本文的调查和计算结果可以看出,在采伐林隙形成初期的更新中,更新乔木的重要值和密度随林隙形成年龄的增长而增加,但在 20~40 m²的林隙中最大,说明乔木在林隙更新过程中逐步居于支配地位。更新树种的丰富度随林隙面积增加而增大,随年龄增加而下降,但物种多样性和均优多指数随林隙面积和年龄的增加而下降,优势度和均匀度受面积和年龄的影响不明显。总的来说,综合考虑物种多样性、均优多指数和丰富度,可以认为采伐林隙内的综合多样性随林隙面积和年龄的增加而降低。

4 小结与讨论

本文从林隙大小和林隙年龄 2 个方面初步研究了以椴木、色木槭和蒙古栎为主的次生阔叶林采伐林隙内的更新特征。从研究结果来看,非林隙林分中灌木更新占据优势,但在林隙形成 10 年后,乔木开始逐渐占据优势,且随着时间的推移愈来愈显著。这与臧润国等^[12]在红松 (*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.) 阔叶林和刘金福等^[13]在格氏栲林林隙更新研究中的结果基本一致。这是否说明林隙更新过程中乔木和灌木优势的演变遵从一般性原则,值得进一步研究。各大小级林隙内更新的主要乔木中阳性树种占大多数,这与林隙干扰大大增加了林隙内的光照,为喜光树种的生长提供了条件有很大关系。不同大小级林隙内的优势种也不同,表明采伐干扰为不同树种的生长创造了条件。林隙内的树种多样性和更新密度明显高于非林隙林分,各大小级林隙间差异不显著。特别需要指出的是,红松在 40~60 m²林隙中的重要值最高。因此,从提高物种多样性、促进林木更新和现存次生阔叶林恢复为红松阔叶林的角度考虑,是否可以认为 40~60 m²是次生阔叶林林隙更新的有效面积,从而在次生林经营过程中依此来设计采伐抚育,以利于多样性丰富的稳定群落的形成,有待于做进一步的实证研究。

限于林场的经营条件,本研究只调查了 10 a 到

14 a 这个年龄期的采伐林隙,这对于林隙更新的研究是远远不够的,还应进行长期的定位跟踪观测研究,搞清从林隙产生到林隙填充完成的过程中各个时期林隙内的更新状态和特征。另外,本文没有涉及不同大小级和年龄林隙内的微生境差异,而这种差异对更新物种有着强烈的选择作用,对更新物种的多样性有直接影响。因此将林隙微生境的时空变异规律与各物种的响应结合起来进行系统分析是今后应加强研究的一个重要方向。

参考文献:

- [1] Sipe T W, Bazzaz, F A. Gap partitioning among maples (*Acer*) in central new England: survival and growth[J]. *Ecology*, 1995, 76: 1 587 ~ 1 603
- [2] Runkle J R. Changes in Southern Appalachian canopy tree gaps sampled thrice[J]. *Ecology*, 1998, 79 (5): 1 768 ~ 1 780
- [3] 臧润国,徐化成. 林隙干扰研究进展[J]. *林业科学*, 1998, 34 (1): 90 ~ 98
- [4] 梁晓东,叶万辉. 林窗研究进展(综述)[J]. *热带亚热带植物学报*, 2001, 9(4): 355 ~ 364
- [5] Spies T, Franklin J F. Gap characteristics and vegetation response in coniferous forests of the Pacific northwest[J]. *Ecology*, 1989, 70: 543 ~ 545
- [6] Lertzman K P, Sutherland G D, Inselberg A, et al Canopy gaps and the landscape mosaic in a coastal temperate rain forest[J]. *Ecology*, 1996, 77: 1 254 ~ 1 270
- [7] Myers G P, Newton A C, Melgarejo O. The influence of canopy gap size on natural regeneration of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) in Bolivia[J]. *For EcoMan*, 2000, 127: 119 ~ 128
- [8] Gray A N, Spies T A. Gap size, within-gap position and canopy structure effects on conifer seedling establishment[J]. *J Ecol*, 1996, 84: 635 ~ 645
- [9] McLaren B E, Janke R A. Seedbed and canopy cover effects on balsam fir seedling establishment in Isle Royal National Park[J]. *Canadian J Forest Research*, 1996, 26: 782 ~ 793
- [10] Jennings S B, Brown N D, Shell D. Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures[J]. *Forestry*, 1999, 72: 59 ~ 74
- [11] Zhu J J, Lee F Q, Matsuzaki T, et al Effect of gap size created by thinning on seedling emergency, survival and establishment in a coastal pine forest[J]. *For EcoMan*, 2003, 182: 339 ~ 354
- [12] 臧润国,郭忠凌,高文韬. 长白山自然保护区阔叶红松林林隙更新的研究[J]. *应用生态学报*, 1998, 9(4): 349 ~ 353
- [13] 刘金福,洪伟,许忠实,等. 格氏栲林林窗物种多样性动态规律的研究[J]. *林业科学*, 2003, 39(6): 159 ~ 164